

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra obrábění a montáže

Zhotovení přesného otvoru s požadovanou drsností

Machining Accurate Holes with Required Roughness

Student:

Vedoucí bakalářské práce:

Jakub Minarčík

Ing. Marek Sadílek, Ph.D.

Ostrava 2012

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra obrábění a montáže

Zadání bakalářské práce

Student: **Jakub Minarčík**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2303R002 Strojírenská technologie
Téma: **Zhotovení přesného otvoru s požadovanou drsností**
Machining Accurate Holes with Required Roughness

Zásady pro vypracování:

1. Přehled současného stavu výroby přesných otvorů ve firmě Ostroj a.s.
2. Technologie výroby otvorů se zaměřením na přesnost a drsnost.
3. Návrh vlastního řešení.
4. Závěry pro realizaci v praxi.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] BÁTORA, B.; VASILKO, K. *Obrobené povrchy – technologická dedičnost, funkčnost*. Trenčín : Trenčianská univerzita, 2000. 183 s. ISBN 80-88914-19-1.
- [2] NESLUŠAN, M.; TUREK, S.; BRYCHTA, J.; ČEP, R.; TABAČEK M. *Experimentálne metódy v trieskovom obrábani*. Žilina : EDIS Žilina. 2007, 243 s. ISBN 978-80-8070-711-8.
- [3] BRYCHTA, J.; ČEP, R.; SADÍLEK, M.; PETŘKOVSKÁ, L.; NOVÁKOVÁ, J. *Nové směry v progresivním obrábění*. E-learningové prvky pro podporu výuky odborných a technických předmětů. 2007. Ostrava : Ediční středisko VŠB-TUO, 251 s. ISBN 978-80-248-1505-3.
- [4] AB Sandvik Coromant. *Příručka obrábění - Kniha pro praktiky*. 1. vyd. Praha, 1997. 980 s. ISBN 91-972299-4-6.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Marek Sadílek, Ph.D.**

Datum zadání: 16.12.2011

Datum odevzdání: 21.05.2012



doc. Ing. Robert Čep, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 16.5.2012

Jakub Křiváček
podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́домі́, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домі́, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 16. 5. 2012

Jakub Minarčík

.....
podpis

Jméno a příjmení autora práce: Jakub Minarčík
Adresa trvalého pobytu autora práce: Rolnická 30, 747 05 Opava

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

MINARČÍK, J. *Zhotovení přesného otvoru s požadovanou drsností: bakalářská práce.* Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra obrábění a montáže, 2012, 43 s. Vedoucí: Sadílek, M.

Tato bakalářská práce se zabývá zhotovením přesných otvorů s požadovanou drsností. Otvory jsou vytvářeny do hydraulické kostky za účelem použití kuličkové zátky. Teoretická část popisuje výrobu otvorů se zaměřením na drsnost povrchu, zaměřuje se na rozdělení jednotlivých metod, na dosahované parametry drsnosti na přesnosti a způsoby měření drsnosti. Další část popisuje stávající výrobu otvorů pro kuličkové zátky ve firmě Ostroj a.s. Praktická část je zaměřena na návrh alternativního nástroje.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

MINARČÍK, J. *Machining Accurate Holes with Required Roughness: Bachelor Thesis.* Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Machining and Assembly, 2012, 43 p., Thesis head: Sadílek, M.

This bachelor thesis deals machining accurate holes with required roughness. The holes are created in the hydraulic blocks for the purpose of use ball plug. Theoretical part describes production holes with a focus on surface roughness, on distribution of various methods, achieved accuracy, on roughness parameters and methods of measuring roughness. The next part describes existing production holes for ball plug in the company Ostroj a.s. The practical part is focused on the design of an alternative tool.

OBSAH BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

	<i>OBSAH BAKALÁŘSKÉ PRÁCE</i>	6
	<i>SEZNAM POUŽITÉHO ZNAČENÍ SYMBOLŮ A ZKRATEK</i>	7
1	Úvod	8
2	Technologie výroby otvorů se zaměřením na drsnost	9
2.1	METODY OBRÁBĚNÍ VNITŘNÍCH PLOCH.....	9
2.2	DRSNOST POVRCHU.....	11
2.3	ZPŮSOBY MĚŘENÍ DRSNOSTI.....	17
3	Zhodnocení stávající technologie výroby	19
3.1	POPIS VÝROBKU.....	19
3.2	VOLBA PŮVODNÍHO ŘEZNÉHO NÁSTROJE.....	23
3.3	ZPŮSOB MĚŘENÍ.....	25
3.4	SYSTÉM PRO UTĚSNĚNÍ OTVORŮ.....	26
3.5	MONTÁŽ KULIČKOVÉ ZÁTKY.....	29
4	Návrh vlastního řešení	30
4.1	NÁVRH MĚŘICÍHO DOTYKU.....	30
4.2	NÁVRH ALTERNATIVNÍHO NÁSTROJE.....	31
4.3	MĚŘENÍ DRSNOSTI POVRCHU.....	34
4.4	MĚŘICÍ PŘÍSTROJ.....	37
5	Závěr	38
6	Seznam použité literatury	39
7	Seznam obrázků a tabulek	41
8	Seznam příloh	42

SEZNAM POUŽITÉHO ZNAČENÍ SYMBOLŮ A ZKRATEK

symbol	popis	jednotka
A	Značka tažnosti	[%]
CNC	Počítačem číslicově řízený stroj	[-]
HV	Zkouška tvrdosti podle Vickerse	[-]
HSS	Rychlořezná ocel	[-]
IT	Stupeň přesnosti	[-]
MCFV	Vertikální obráběcí centrum	[-]
NMO	Nekonveční metody obrábění	[-]
P	Parametr vypočítaný ze základního profilu	[-]
R	Parametr vypočítaný z profilu drsnosti	[-]
Ra	Střední aritmetická odchylka profilu	[μm]
Re	Mez pevnosti v kluzu	[MPa]
Rm	Mez pevnosti v tahu	[MPa]
Rp	Největší výška výstupku	[μm]
Rq	Střední kvadratická odchylka profilu	[μm]
RSm	Průměrná vzdálenost prvků profilu	[μm]
Rv	Největší hloubka prohlubně	[μm]
Rz	Největší výška profilu	[μm]
SK	Slinutý karbid	[-]
SNO	Stroj – nástroj - obrobek	[-]
TLO	Technická Laboratoř Opava	[-]
W_{\min}	Minimální dovolená vzdálenost	[mm]
W	Parametr vypočítaný z profilu vlnitosti	[-]
ZPS	Závody přesného strojírenství	[-]
f_{\min}	Posuv za minutu	[mm/min]
f_{\min}	Konstanta pro výpočet W_{\min}	[-]
fz	Posuv na zub	[mm]
lr	Základní délka ve směru osy x	[mm]
n	Otáčky nástroje	[min^{-1}]
s	Směrodatná odchylka	[-]
t	Parametr tolerance kruhovitosti	[mm]
z	Počet zubů	[-]
ε	Vrcholový úhel	[°]
π	Ludolfovo číslo	[-]
χ	Úhel nastavení hlavního ostří	[°]
χ'	Úhel nastavení vedlejšího ostří	[°]

1 Úvod

I v této moderní době, kdy se nepřetržitě rozvíjejí nové trendy výroby a modernější nekonvenční metody, má stále obrábění své pevné místo ve výrobě strojních součástí. V dnešní době se stále více klade důraz na kvalitu výrobků. A pokud se zabýváme kvalitou, musíme řešit především jejich přesnost. Protože přesnost ovlivňuje další aspekty, jako jsou např. rozměry, tvar, drsnost je jedním z nejdůležitějších aspektů pro určení kvality povrchu. Ovlivňuje celou řadu dalších důležitých vlastností, jako je vrubová houževnatost, velikost opotřebení, odolnost proti korozi apod. Nároky výroby na přesnost jsou rozdílné, záleží na druhu výrobku a typu výroby. Některé z firem se za pomoci přesnosti snaží prorazit na trh, jiné to považují za samozřejmost. Dnešní odběratelé žádají vysokou kvalitu, ale také finanční dostupnost. Řeší se víc než kdy jindy, jak co nejvýhodněji zakoupit určité zboží, aby byly náklady co nejmenší.

Ve společnosti OSTROJ a.s. se divize Hydraulika zabývá výrobou hydraulických prvků, jako například výrobou hydraulických kostek. Cílem této práce je popsat stávající způsob jejich výroby ve firmě OSTROJ a.s. a nalézt alternativní nástroj, který by splňoval technologické požadavky.

O společnosti OSTROJ a.s.

Firma s více jak šedesátiletou tradicí, sídlí v Opavě. Hlavní náplň výrobního programu tvoří výroba důlních zařízení pro těžbu v hlubinných dolech. Jedná se především o hřeblové a pásové dopravníky, mechanizované výztuže, pásové vleky, hydraulické stojky a válce [1].

Dále divize Kovárna a kalírna vyrábí zápustkové výkovky váhových kategorií $0,1 \div 25$ kg, výlisky za tepla i za studena. O výrobu hydraulických prvků, hydraulických válců, lisů, převodových skříní, dílů pro hydromotory či ozubených kol se stará divize Hydraulika [1].

V oblasti automobilového průmyslu společnost dodává ocelové konstrukce, svařované dílce do hmotnosti 10 tun včetně strojního opracování a nátěru. A v neposlední řadě se v divizi Galvanovna zabezpečuje povrchová úprava pomocí metod jako je zinkování, tvrdé funkční chromování nebo plastování [1].

2 Technologie výroby otvorů se zaměřením na drsnost

2.1 Metody obrábění vnitřních ploch

Obráběcí proces se provádí několika různými druhy obrábění. Tyto způsoby obrábění jsou charakterizovány nástroji a definovanou geometrií bříty.

Z technologického hlediska jsou důležité zejména dosažené parametry přesnosti a dosažená drsnost obrobených ploch [2].

- a) Základní metody obrábění otvorů
- b) Abrazivní metody obrábění
- c) Nekonveční metody obrábění

a)

Tabulka 2.1 Parametry přesnosti obrobených ploch pro zákl. metody obrábění [2]

Metoda obrábění	Přesnost rozměrů IT		Drsnost plochy Ra [μm]	
	střední	rozsah	střední	rozsah
Soustružení				
<i>hrubování</i>	12	11 ÷ 13	25	12,5 ÷ 50
<i>dokončování</i>	10	9 ÷ 12	3,2	1,5 ÷ 12,5
Vrtání šroub. vrtákem				
<i>bez vedení</i>	13	12 ÷ 14	6,3	6,3 ÷ 25
<i>s vedením</i>	12	10 ÷ 13	3,2	3,2 ÷ 25
Vyhrubování	9	9 ÷ 11	3,2	1,6 ÷ 3,2
Vystružování	8	7 ÷ 9	0,8	0,8 ÷ 3,2
Zahlubování				
<i>hrubování</i>	12	11 ÷ 14	3,2	1,6 ÷ 12,5
<i>dokončování</i>	9	7 ÷ 10	1,6	1,6 ÷ 6,3
Vyvrtávání				
<i>hrubování</i>	12	11 ÷ 14	25	12,5 ÷ 50
<i>dokončování</i>	10	9 ÷ 11	3,2	1,6 ÷ 6,3
<i>jemné dokončování nástroj SK</i>	6	5 ÷ 8	0,8	0,4 ÷ 0,6
<i>jemné dokon. nástroj diamant</i>	5	4 ÷ 7	0,4	0,2 ÷ 0,8
Protahování				
<i>hrubování</i>	8	7 ÷ 8	1,6	0,8 ÷ 3,2
<i>dokončování</i>	7	5 ÷ 7	0,4	0,1 ÷ 0,8
Frézování				
<i>hrubování</i>	12	12 ÷ 13	50	25 ÷ 100
<i>dokončování</i>	10	9 ÷ 11	6,3	3,2 ÷ 12,5
<i>jemné dokončování nástroj SK</i>	9	7 ÷ 10	1,6	0,8 ÷ 1,6

b)

Dále existují tzv. abrazivní metody obrábění. Jsou charakterizovány použitím nástrojů, které mají nedefinovanou geometrií břitu. Většinou se využívají při výrobě strojírenských součástí, kde důležitou úlohu představuje vysoká kvalita obrobených ploch. Jsou tedy kladeny vysoké požadavky na parametry přesnosti [2].

Tabulka 2.2 Parametry přesnosti obrobených ploch pro abrazivní metody [2]

Metoda obrábění	Přesnost rozměrů IT		Drsnost plochy Ra[μm]	
	střední	rozsah	střední	rozsah
Vnitřní broušení				
<i>hrubování</i>	9	9 ÷ 11	1,6	1,6 ÷ 3,2
<i>dokončování</i>	7	5 ÷ 7	0,8	0,4 ÷ 1,6
<i>jemné</i>	5	3 ÷ 6	0,2	0,05 ÷ 0,4
Honování				
<i>hrubování</i>	7	6 ÷ 8	0,4	0,2 ÷ 0,8
<i>dokončování</i>	6	5 ÷ 7	0,2	0,1 ÷ 0,2
<i>jemné</i>	4	3 ÷ 5	0,1	0,05 ÷ 0,1
Lapování				
<i>hrubování</i>	4	3 ÷ 5	0,2	0,01 ÷ 0,4
<i>jemné</i>	3	1 ÷ 3	0,02	0,012 ÷ 0,05

c)

Zvyšující se rozsah využití nekonvečních metod obrábění NMO je zapříčiněn používáním a vývojem materiálů s vysokou tvrdostí, pevností, materiálů odolných proti opotřebení a vysokou houževnatostí, apod., jež v současné době nelze konvečními metodami efektivně zpracovávat. Srovnání parametrů při použití NMO viz. Příloha A [15]. Používané NMO jsou charakterizovány širokým rozsahem parametrů, jak z hlediska výstupu příslušných operací, tak i z hlediska technologických podmínek [2].

2.2 Drsnost povrchu

Drsnost povrchu je označení pro souhrn nerovností (prohlubní a vrcholů), které vznikají vždy při obrábění materiálu. V případě obrobeného povrchu jsou to stopy zanechané řezným nástrojem. Velikost drsnosti je kromě mechanických a fyzikálních vlastností obráběného materiálu závislý na [5]:

- tvaru a geometrii břitu,
- velikosti posuvu,
- řezné rychlosti,
- tuhosti soustavy stroj – nástroj – obrobek,
- řezném prostředí,
- samotném obráběném materiálu.

Z tvaru a geometrie břitu ovlivňují nejvíce drsnost obrobené plochy úhly nastavení ostří χ a χ' , a to především při větších posuvech. Vyšší hodnoty úhlů mají za následek rovněž i větší drsnost. Při větším poloměru zaoblení špičky nástroje r a malých posuvech se význam úhlů χ a χ' neuplatňuje. Větší poloměry zaoblení špičky nástroje drsnost obrobené plochy snižují, hlavně při použití malé hloubky záběru a při nízkých posuvech. Ovlivňuje práci nástroje z hlediska velikosti řezných sil, trvanlivosti břitu a hospodárnosti obrábění [5].

Na drsnost povrchu má nejvýznamnější vliv velikost posuvu při obrábění. Se zvyšujícím se posuvem úměrně roste i velikost drsnosti obrobené plochy. Posuv f se označuje jako přesunutí nástroje vzhledem k obrobku ve směru orientace posuvového pohybu. Toto přesunutí může být aplikováno k jedné otáčce nástroje nebo obrobku, k jednomu zdvihu. U vícebřitého nástroje může být posuv označený pouze na zub určitého nástroje [2].

$$f_{\min} = f_z \cdot z \cdot n \quad (2.2.1)$$

Řezná rychlost má méně důležitý význam. Vyznačuje se zmenšováním hodnot od obvodu směrem ke středu nástroje, přičemž v ose nástroje má hodnotu nulovou. Což je typickým znakem nástrojů na díry. Větší drsnost se projevuje především při malých řezných rychlostech, kdy je možnost tvoření nárůstků [5].

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \quad (2.2.2)$$

V případě nízké tuhosti soustavy SNO dochází ke zvyšování drsnosti obrobené plochy, z důvodu vzniku chvění. Problematika chvění se dá omezit co nejmenším vyložním nástroje, pevným upnutím obrobku, zvětšením úhlu nastavení ostří χ , změnou posuvu nebo řezné rychlosti [5].

Řezné prostředí se na drsnosti obrobené plochy projevuje příznivě při aplikaci řezných olejů a kapalin s chladíci a mazacími účinky obzvlášť v případě obrábění na čisto a při malých řezných rychlostech, kdy mazací účinek omezuje tření na ploše řezu [5].

Okolí řezné oblasti má značný vliv na ekonomické a jakostní parametry řezného procesu. Na řezné prostředí z hlediska provozního a technologického se požadují určité požadavky, k nimž především patří: chladicí účinek, mazací účinek, čistící účinek, ochranný účinek atd. Chladicím efektem se považuje schopnost řezného okolí odebrat teplo z místa řezu. Mazací účinek vyjadřuje schopnost daného prostředí zformovat na povrchu obrobku a nástroje tenkou plochu vrstvu, která zabraňuje bezprostřednímu kontaktu kovových povrchů a snižuje tření. Čistící účinek má význam především při odvodu třísky z místa prováděného řezu a zlepšuje kvalitu probíhajícího obrábění [2].

Dále obráběný materiál (obrobek) má určitou úlohu při velikosti výsledné drsnosti povrchu. Obrobek jako předmět obráběcího procesu lze z geometrického aspektu popsat obráběnou, obrobenou a přechodovou plochou. Obráběná plocha je plocha, jež ještě nebyla obrobená zvolenou technologií. Obrobená plocha je důsledek obrábění zvolenou technologií. Přechodová plocha je úsek povrchu obrobku, která je zhotovena působením nástroje v průběhu jedné otáčky nástroje či obrobku [2].

Také velikost drsnosti je závislá na použité metodě výroby. Pro zvolení vhodné metody se musí zvážit budoucí využití funkčních ploch. Neboť čím lépe je obrobený výsledný povrch, tím více roste cena daného výrobku.

Protože povrch představuje prostorový útvar, při aplikaci jakékoliv obráběcí metody dochází na povrchu ke vzniku nerovností. Problém posuzování nerovností se řeší redukcí do roviny řezu rovinou kolmou k povrchu. Tímto způsobem se získá profil, jenž představuje základní zdroj informací [3].

Při kontrole drsnosti povrchu rozlišujeme dva typy makronerovnost a mikronerovnost, přičemž makronerovnost je tzv. rovinnost povrchu (vlnitost) a za mikronerovnost se označuje drsnost povrchu (nejčastěji stopy po nástroji).

Po technologické operaci vrtáním mají díry obvykle vysokou drsnost obrobeného povrchu a zpravidla nepoužitelné geometrické parametry: např. nepřesná válcovitost a kruhovitost, nedodržení jmenovitého průměru atd. Z těchto důvodů se po vrtání otvory zdokonalují dokončovacími operacemi, jimiž jsou nejprve vyhrubování a poté vystružování. Těmito způsoby obrábění se zpřesňuje tvar otvorů, snižuje se drsnost jejich povrchu [3].

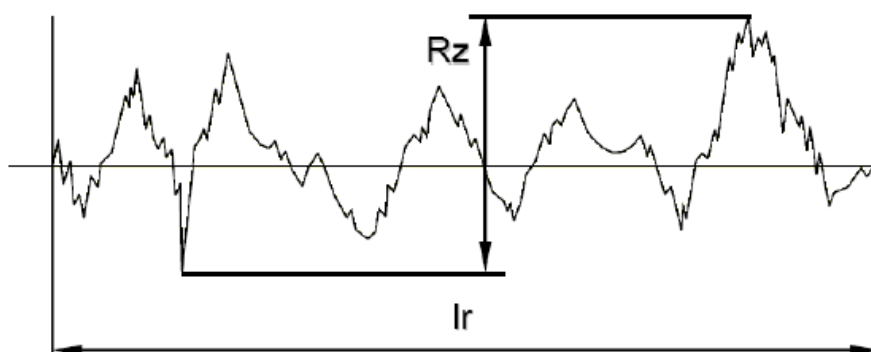
Rozsah daných nerovností charakterizuje strukturu obrobeného povrchu a rozděluje ji na příslušné složky. Složka, která má nejmenší rozteč, tvoří drsnost povrchu, dále se vyskytuje složka, která je nazvaná vlnitost povrchu. Geometrické parametry jsou definovány normou ISO 4287 [3]:

- R – parametr vypočítaný z profilu drsnosti,
- W – parametr vypočítaný z profilu vlnitosti,
- P – parametr vypočítaný ze základního profilu.

Drsnost povrchu se hodnotí dle 3 základních parametrů [3]:

- a) výškové parametry,
- b) tvarové parametry,
- c) délkové (šířkové) parametry.

a) Výškové parametry



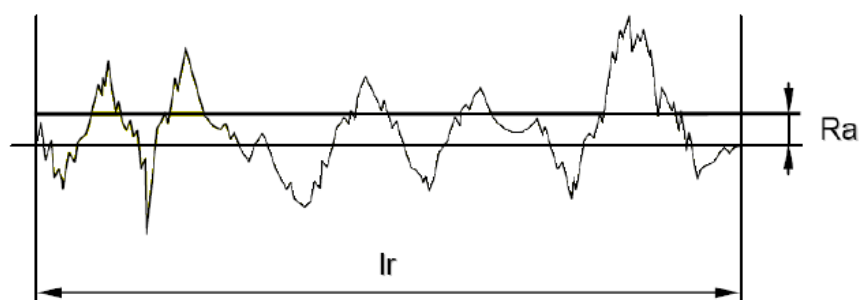
Obr. 2. 1 Největší výška profilu [14]

Základní délka l_r je vzdálenost ve směru osy x je aplikována při rozpoznání nerovností charakterizující vyhodnocovaný profil.

Největší výška výstupku R_p je nejvyšší hodnota výstupku profilu Z_p v rozmezí základní délky.

Největší hloubka prohlubně profilu R_v je nejvyšší hodnota hloubky prohlubně profilu Z_v v rozmezí základní délky.

Největší výška profilu R_z je součet největší hloubky profilu Z_v a největší výšky profilu Z_p v rozsahu základní délky [3].



Obr. 2. 2 Střední aritmetická úchylka profil [14]

Střední aritmetická úchylka profilu R_a je aritmetický průměr absolutních hodnot $Z(x)$ v rozsahu základní délky [3].

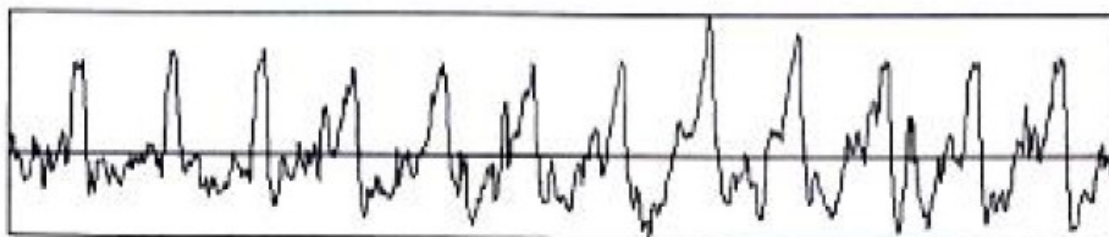
$$R_a = \frac{l}{l_r} \int_0^{l_r} |Z(x)| dx \quad (2.2.1)$$

Průměrná kvadratická úchylka profilu R_q je průměrná kvadratická hodnota odchylek $Z(x)$ profilu v rozsahu základní délky. Parametr R_q má význam při statistickém pozorování profilu povrchu, neboť zároveň odpovídá standardní odchylce z profilových souřadnic [3].

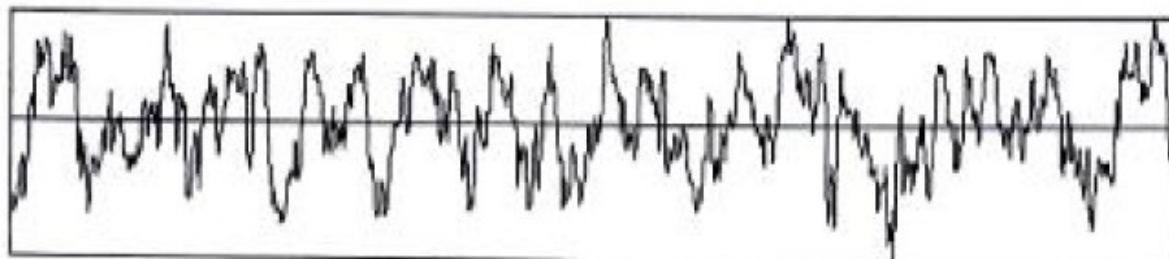
$$R_q = \sqrt{\frac{l}{l_r} \int_0^{l_r} Z(x)^2 dx} \quad (2.2.2)$$

b.) Tvarové parametry

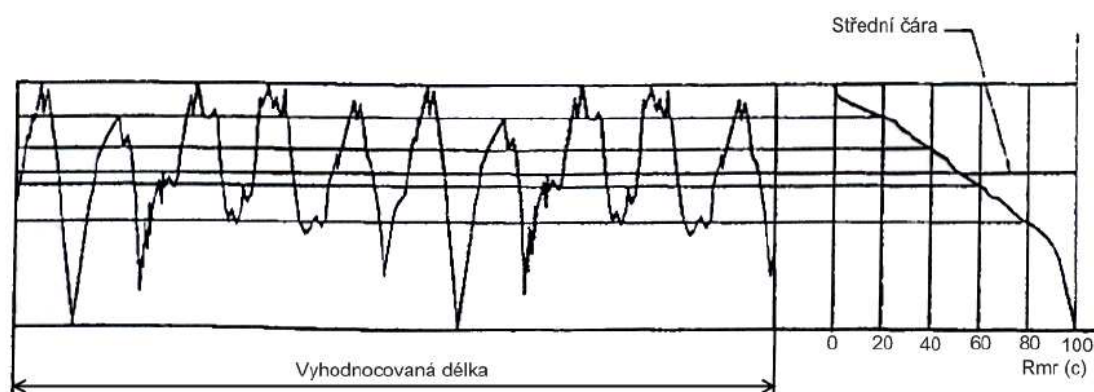
Průměrný kvadratický sklon posuzovaného profilu $R\Delta q$ je průměrná kvadratická hodnota sklonů v rozsahu základní délky. Projevuje se při hodnocení odrazu světla, při galvanickém pokovování nebo z důvodu zjišťování tribologických vlastností je tento parametr velice důležitý [3].



Obr. 2. 3 Profil drsnosti soustruženého povrchu [3]

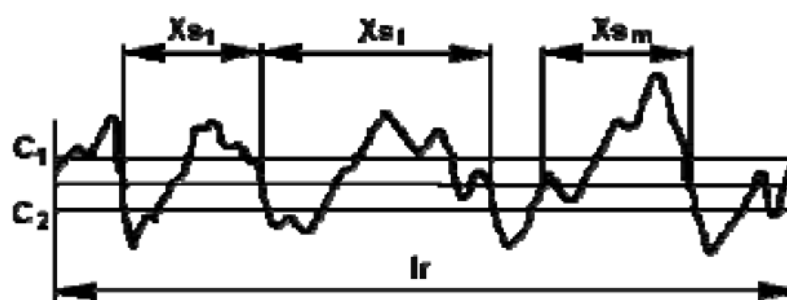


Obr. 2. 4 Profil drsnosti broušeného povrchu [3]



Obr. 2. 5 Křivka materiálového poměru [14]

c.) Délkové (šířkové) parametry



Obr. 2. 6 Délkové parametry [3]

Průměrná vzdálenost prvků profilu RS_m je průměrná hodnota šířek X_s profilu v rozsahu základní délky [3].

$$RS_m = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m X_{s_i} \quad (2.2.3)$$

2.3 Způsoby měření drsnosti

a) Porovnáním se etalony drsností

Etalon je charakterizován jako určitá míra, měřidlo sloužící k definování, či k realizaci výrobku. Zkoumaný vzorek musí být obrobený stejnou technologií obrábění jako měřená součást.

V tomto případě se jedná o porovnávací metodu. Zkušební povrch se tedy porovnává s použitím mikroskopu nebo jen pouhým okem. Z toho vyplývá, že tato metoda je velice nepřesná a používá se spíše jako odhad v pracovním prostředí. Důležitý aspekt je zkušenost a schopnost daného pracovníka, jenž je za měření zodpovědný [3].

Důležité podmínky, které se musí dodržovat při aplikaci této metody:

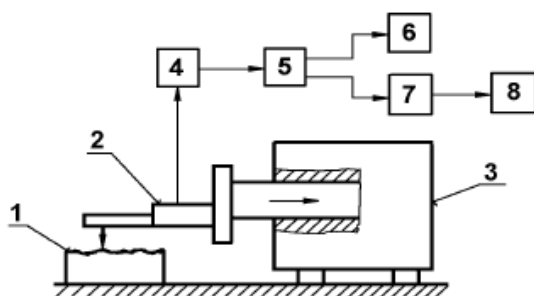
- tvar povrchu součásti a etalonu by měl být stejný (plochý, vypuklý,...),
- shodný materiál měřené součásti a etalonu,
- shodné podmínky pozorování (především světlo, atd.),
- musí být použita stejná trajektorie obrábění součásti a povrchu etalonu.

b) Pomocí dotykových profilometrů

Při aplikaci této metody měření se přímo odečítají potřebné číselné hodnoty daných parametrů drsnosti. Tato metoda našla své uplatnění při spektrálním a statistickém hodnocení nerovnosti měřeného povrchu [3].

Dotykový profilometr má 2 základní části:

- mechanickou,
- elektronickou.

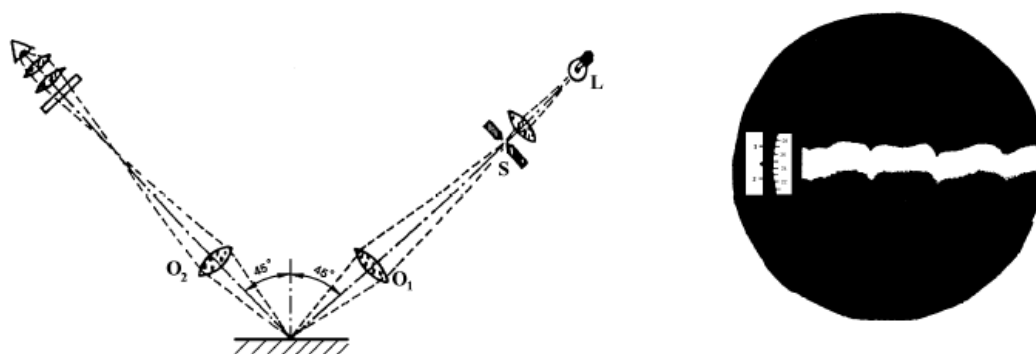


- 1 – měřená součást
- 2 – snímací hlavice s měřicím hrotem
- 3 – posuvový mechanismus
- 4 – zesilovač
- 5 – filtr
- 6 – registrační jednotka
- 7 – jednotka zpracovávající měřicí signál
- 8 – zobrazovací jednotka

Obr. 2. 7 Princip měření dotykovým profilometrem [3]

c) Metodou světelného řezu

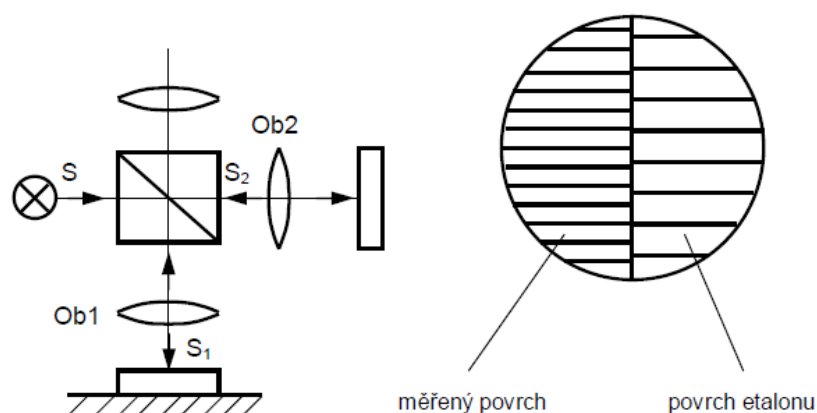
Při určování drsnosti povrchu touto metodou se nejčastěji používá dvojitý mikroskop Schmaltz. Hlavní princip je založený na velmi tenkém paprsku, který dopadá na měřený povrch pod nastaveným úhlem 45° . Paprsek se odrazí od nerovnosti a dochází ke vzniku obrazu profilu v poli mikroskopu [3].



Obr. 2. 8 Metoda světelného řezu – princip a obraz okuláru [3]

d) Využití interference světla

Svazek světla proniká přes polopropustné zrcadlo. Zrcadlo rozdělí paprsek na dvě části, přičemž část S_1 pokračuje v pohybu dále na měřený povrch a zase zpět do okuláru. Druhá část paprsku S_2 se rovněž odrazí od zrcadla přímo zpět do okuláru. V okuláru dochází k opětovnému spojení (interferenci) obou paprsků a výsledkem je získaný obraz povrchu [3].



Obr. 2. 9 Interferenční mikroskop a obraz v okuláru přístroje [3]

3 Zhodnocení stávající technologie výroby

3.1 Popis výrobku

Ve společnosti OSTROJ a.s. se oddělení divize Hydraulika zabývá výrobou hydraulických válců, hydraulických prvků, lisů, převodových skříní a dílů pro hydromotory [1].

Hydraulická kostka slouží pro hydrauliku důlních strojů. Tento komponent patří mezi hydraulické prvky. Ve firmě se vyrobí zhruba 200 ks hydraulických kostek za rok. Jedná se tedy o kusovou výrobu, kde značnou úlohu zaujímá produktivita výroby.

Výroba hydraulické kostky není ovšem hlavním hlediskem této bakalářské práce. Zaměřuje se především na výrobu přesného otvoru určeného pro kuličkovou zátku.

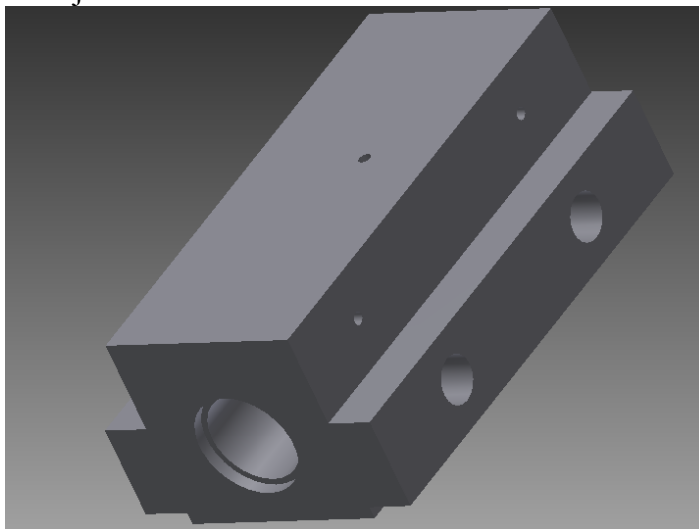
Za rok se vyrobí v Ostroji a.s. 500 až 800 kusů těchto otvorů. Z těchto čísel vyplývá, že daný nástroj není příliš namáhán.

Základní parametry otvoru pro kuličkové zátky:

- Průměr - $\phi 4$ [mm]
- Hloubka - 5 [mm]
- Kvalita - drsnost povrchu: $Ra 1,6 \div 6,3$ [μm], ($Rz 10 \div 30[\mu m]$)
- tolerance: $+ 0,1$

Základní parametry soustavy S-N-O:

- a) materiál výrobku
- b) použitý obráběcí stroj
- c) původní rezný nástroj



Obr. 3. 1 Ukázka hydraulické kostky s otvory pro kuličkovou zátku

a) *Materiál výrobku*

Jedná se o legovanou ušlechtilou ocel, která je chromována, korozivzdorná, martenzitická a magnetovatelná [4].

Ocel odolává v zušlechtěném stavu s kovově lesklým povrchem rezivění, zředěné kyselině dusičné a v pasivním stavu za studena některým slabým organickým kyselinám. Technologickou úpravou leštěním se zvyšuje odolnost proti korozi. Také tato ocel má docela dobrou odolnost proti opalu. Je dobře obrobitelná a dobře tvárná za tepla. Svařitelnost daného materiálu je dobrá [4].

Využití nachází při výrobě zařízení, jež pracují s vodou, vzduchem nebo parou. Jsou to součásti jako např.: plechy, válcové dráty, tvarové tyče, hřídele, součásti čerpadel, lodní šrouby, ventilové kužely, pístní čepy, jehly trysek atd. [4].

Nové označení: 1.4021 (X20Cr13) dle EN 10088-3

Staré označení: 17 022

Tabulka 3.1 Chemické složení materiálu [9]:

C [%]	<i>0,16 ÷ 0,25</i>
Cr [%]	<i>12,0 ÷ 14,0</i>
Si [%]	<i>≤ 1,00</i>
Mn [%]	<i>≤ 1,50</i>
P [%]	<i>≤ 0,04</i>
S [%]	<i>≤ 0,015</i>

Tabulka 3.2 Technologické údaje materiálu [9]:

kování [°C]	kalení (do oleje vzduchem) [°C]	popouštění [°C]	žihání ke snížení pnutí [°C]
<i>900 ÷ 1100</i>	<i>950 ÷ 1050</i>	<i>650 ÷ 750</i>	<i>730 ÷ 825</i>

Tabulka 3.3 Mechanické vlastnosti materiálu [9]:

mez pevnosti Rm [MPa]	mez kluzu Re [MPa]	tažnost A [%]	tvrdost dle Vickerse HV
<i>max. 700</i>	<i>400</i>	<i>15</i>	<i>450 ÷ 550</i>

b) Použitý obráběcí stroj

Z důvodů zefektivnění se výroba otvorů do strojní součásti (hydraulické kostky) zhotovuje na frézovacím CNC stroji MCFV – 1060 od firmy ZPS-ZLÍN.

Vertikální obráběcí centrum MCFV 1060 pokrývá celou škálu technologií od silového po vysokorychlostní obrábění. Stroj je tvořen dvěma stacionárními odlitky základnou a na ní upevněným stojanem. Všechny pohyby stroje jsou realizovány prostřednictvím lineárního vedení s valivými elementy. Jejich dimenze a umístění dovoluje vysoké zatížení stolu, suportu a vřeteníku při zachování vysoké přesnosti rozměrů a kvality obrobku i při přerušovaném řezu a také vysokou životnost stroje [8].

Tabulka 3.4 Technické parametry stroje MCFV – 1060 [8]:

Osa X (pracovní stůl)	[mm]	1016
Osa Y (křížový suport)	[mm]	610
Osa Z (vřeteník)	[mm]	760
Vzdálenost čela vřetena od stolu	[mm]	150 ÷ 910
Maximální pracovní posuv	[m/min]	15
Pracovní plocha	[mm]	1 270 x 590
Počet T-drážek x šířka x rozteč	[mm]	5 x 18 x 125
Maximální zatížení	[kg]	1350
Přesnost polohování	[mm]	0.008
Maximální otáčky	[min ⁻¹]	8 000
Počet míst v zásobníku	[ks]	30



Obr. 3. 2 CNC stroj MCFV- 1060 [8]

c.) *původní řezný nástroj*

Pracoviště technologie bylo pověřeno úkolem vyřešit otázku, jaký nástroj použít pro výrobu otvorů. V počáteční fázi byl určen nejlogičtější způsob, a to dané otvory nejprve předvrtat a poté použít dokončovací způsob výroby – výstružník. Avšak toto řešení se neshodovalo s podmínkami požadované drsnosti kuličkové zátky (viz. kap.2.4). A tak byla zvolena jiná varianta. Otvor byl nejdříve předvrtán vrtákem Ø3mm a dále obráběn frézou s hrubovacím profilem. Výhody tohoto nástroje jsou nízké obráběcí síly a maximální objem odebraného materiálu. Odpadá zde potřeba neustálého nabrušování nástroje.

Fréza $\phi 3$ – MULTI-Jet-Cut – Franken (typ stopky DIN 6535 HB)

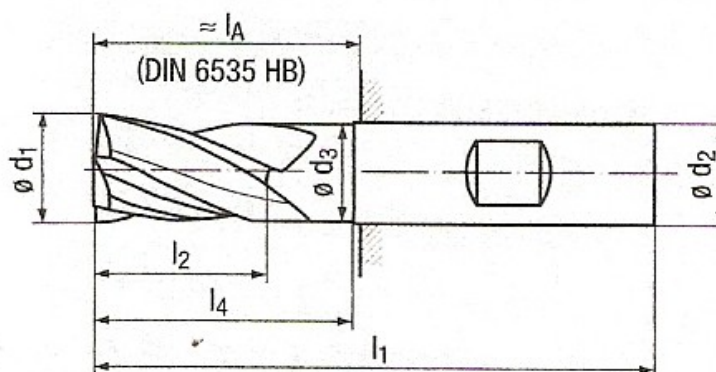
Tabulka 3.5 Řezné podmínky frézy Franken:

Řezná rychlost v_c [$m \cdot min^{-1}$]	Otáčky n [min^{-1}]	Posuv f_z [mm]	Posuv f_{min} [mm/min]	Počet zubů
50	5300	0,012	254	4

Při tvorbě otvoru pomocí tohoto nástroje je posuv rozdělen na tři části. Nejprve posuv (najetí), poté následující odstranění třísky pohybem posuvu (helix) a nakonec se jedná o posuv (kontura). Helix - interpolace je označení pro pohyb po kružnici a zároveň označení pro klesání v ose z .

Tabulka 3.6 Rozměry původního nástroje[10]:

$\phi d_1 h_{11}$ [mm]	l_2 [mm]	l_1 [mm]	ϕd_3 [mm]	l_4 [mm]	$\phi d_2 h_6$ [mm]	l_A [mm]
3	5	57	2,9	14	6	21



Obr. 3. 3 fréza Franken s hrubovacím profilem [10]

3.2 Volba původního řezného nástroje

V počáteční fázi výroby firma Ostroj a.s. navrhovala nejvhodnější nástroj. Byly vytvořeny čtyři otvory za pomoci tří nástrojů (fréza pro drážky per, vrták HSSCo – TITEX, fréza Franken), které sloužily k určení střední aritmetické odchylky profilu (viz.: kap. 3.3).


Tabulka 3.7 Výsledky naměřených hodnot [1].









Nástroj	Fréza pro drážky per				Vrták HSSCo TITEX				Fréza Franken			
č. otvoru	č.1	č.2	č.3	č.4	č.1	č.2	č.3	č.4	č.1	č.2	č.3	č.4
Hodnota Ra [μm]	0,85	1,04	0,79	0,93	1,07	1,37	1,21	1,15	6,23	6,27	6,14	6,18

Po vyhodnocení výsledků následovala výroba 11 ks otvorů, jenž u otvorů

č.1 ÷ č.6 byly frézovány frézovou Franken s hrubovacím profilem ϕ 3mm. A v případě otvorů č.7 ÷ č.11 vrtán vrtákem ϕ 4mm. Na pracovišti TLO (Technická Laboratoř Opava) byly tyto zátky postupně zatěžovány tlakem do 200MPa a bylo vyhodnocováno, zda tento pracovní tlak vydrží. Zátky vytvořené hrubovací frézou vydržely tyto zátěžové zkoušky bez porušení. V případě zátek, které byly vrtány docházelo k vysunutí nebo uvolnění.

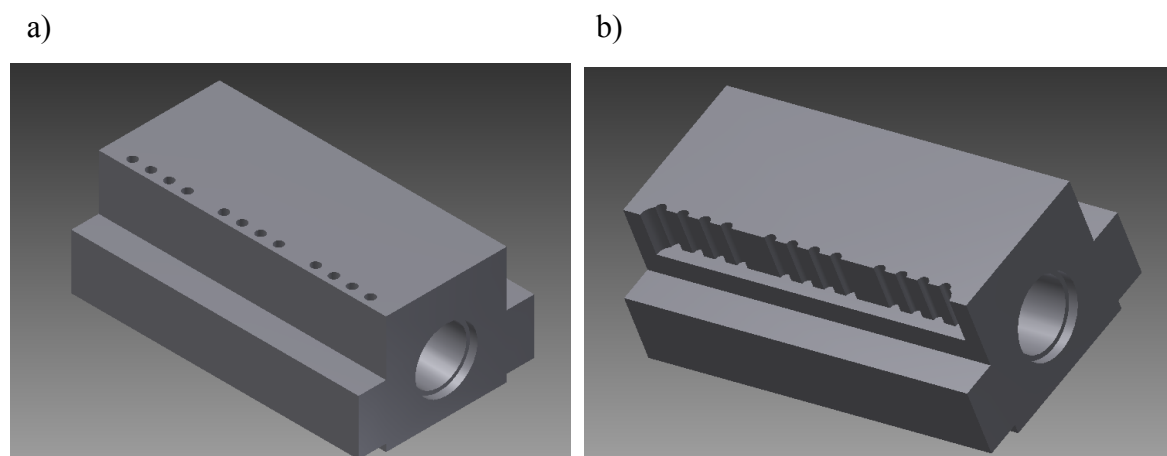
Tabulka 3.8 Výsledky zátěžových zkoušek [1].

Číslo zátky	Stav	Zatěžovaný tlak [MPa]	Ukázka
č.1	bez porušení	200	
č.2	bez porušení	200	
č.3	bez porušení	200	

č.4	bez porušení	200	
č.5	bez porušení	200	
č.6	bez porušení	200	
č.7	vysunutí	134	
č.8	vysunutí	174	
č.9	uvolnění	137	
č.10	uvolnění	183	
č.11	uvolnění	115	

3.3 Způsob měření

Každým vybraným nástrojem (fréza pro drážky per, vrták TITEX, fréza Franken) byly vrtány čtyři otvory, aby posloužili k měření drsnosti, a tak k výběru nejvhodnější nástroje z hlediska spolehlivosti. V úvodu měření nastal problém, jelikož firma nevlastnila měřicí dotyk pro měření velmi malých průměrů. Obsluha CNC zařízení vyfrézovala část hydraulické kostky (viz. obr. 3.4), aby se dala změřit drsnost povrchu.



Obr. 3.4 Hydraulická kostka a) před úpravou,
b) upravená pro měření drsnosti

Měření bylo provedeno na kontrolním pracovišti ve firmě Ostroj a.s. Snímaná délka byla nastavena na hodnotu 5,6 mm. K získání požadovaných hodnot byl použit přenosný drsnoměr MarSurS PS1 od firmy MAHR (viz. obr. 3.3.2).



Obr. 3. 5 Měřicí přístroj MarSurS PS1 pro měření drsnosti

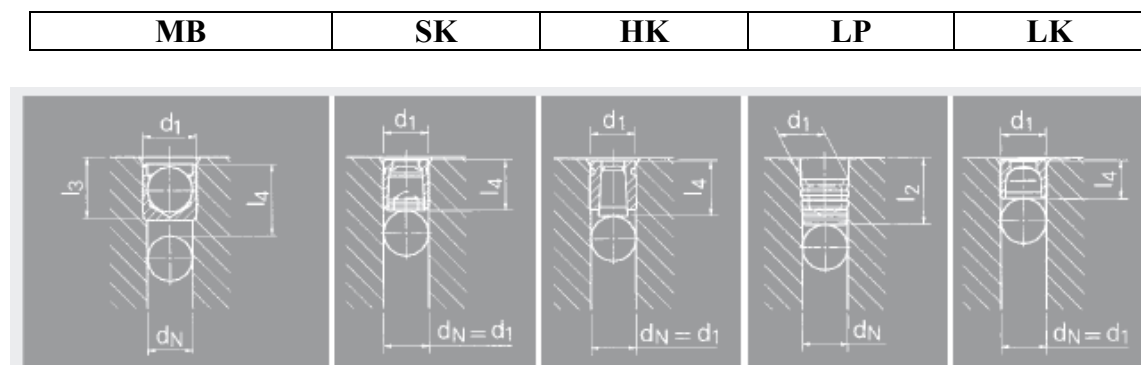
3.4 Systém pro utěsnění otvorů

Různé druhy pneumatických nebo hydraulických komponentů, jako jsou čerpadla, ovládací prvky, regulátory, relé, válce, ventily, motory, lisy, mají jednu vlastnost společnou, že, jejich tekutiny nebo plynná média proudí skrz dutiny kanálů v zařízení. V mnoha případech tyto kanály musí být z technických důvodů vyvrtány z vnějšku a musí být propojeny. Následně jsou tyto otvory uzavřeny, a tady často nastává problém s utěsněním. Existuje řada způsobů, jak otvor utěsnit, jako například [13]:

- zátky s podložkou,
- závitové ucpávky se závitem,
- o-kroužky,
- tmely,
- vkládání kolíku,
- zasunutí čepu,
- svařování otvorů.

Avšak tyto metody jsou ekonomicky nákladné vzhledem k potřebným montážním či tolerančním požadavkům, nebo se vyskytuje zvýšená náchylnost k úniku média po uvedení do pracovního provozu [13].

Z tohoto důvodu se společnost Ostroj a.s. rozhodla pro těsnicí zátky od firmy Koenig. Výhodou těchto produktů je spolehlivost, bezpečnost a přitom ekonomicky přijatelné řešení těsnění vyvrtaných otvorů. Je zajištěn požadovaný výkon s bezpečnou rezervou. Koenig expandéry jsou k dispozici v pěti variantách [13].



Obr. 3. 6 Schéma různých variant zátek firmy Koenig [13]

Technologické požadavky otvoru pro kuličkovou zátku:

- a) profil drsnosti
- b) kruhovitost
- c) dovolená vzdálenost od okraje
- d) dovolené zkosení hran

a) *Profil drsnosti*

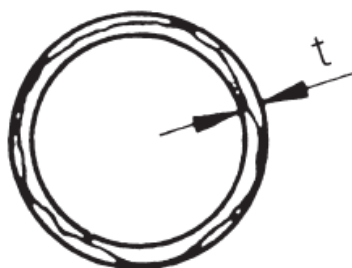
K zajištění spolehlivé funkce kuličkové zátky během provozu je nutno dodržet drsnost v rozmezí $Rz\ 10 \div 30\ [\mu m]$, což odpovídá hodnotě $Ra\ 1,6 \div 6,3\ [\mu m]$. V případě nižší nebo vyšší drsnosti otvoru může docházet k uvolnění kuličkové zátky nebo k úniku kapalného, či plynného média [13].

b) *Požadavek kruhovitosti*

Obráběný otvor musí být válec. Kvůli zajištění kruhovitosti, protože tak je dosaženo efektivního utěsnění prostoru [13].

Úchylka kruhovitosti je největší vzdálenost obalové kružnice od povrchu součásti. Nejjednodušším způsobem kontroly kruhovitosti je ověření shody průměrů ve více různých polohách. Měření je používáno v případě potřeby rychlé kontroly na dílně v průběhu výroby za pomoci posuvového měřidla. Toto měření je dostačující v případě, kdy záleží jen na vzhledu. Není vhodné je použít u součástí, jejichž přesný tvar je podmínkou funkce[7].

Přesnější metodou při zjišťování kruhovitosti je použití číselníkového úchylkoměru při otáčení součásti upnuté v prismatické podložce. Pro zajištění přesné spolehlivé funkce zátky s ohledem na potřebný výkon a pracovní tlak, je nutno dodržet požadovanou toleranci kruhovitosti $t = 0,05mm$ [13].

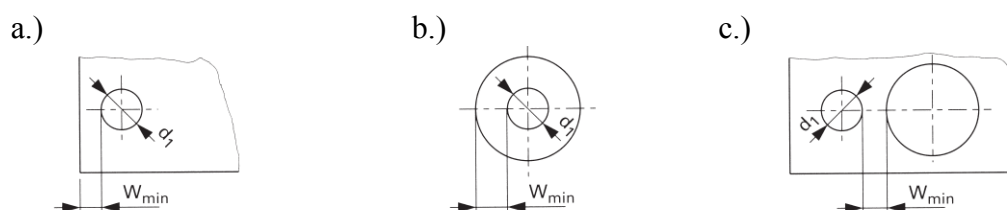


Obr. 3. 7 Parametr t tolerance kruhovitosti [13]

c) *Dovolená vzdálenost od okraje*

V okamžiku provedení montáže kuličkové zátky dochází k plastické deformaci základního materiálu, jejíž příčinami je výsledná síla, teplota a hydraulický tlak při pracovním zatížení v daném provozu. Takže vzdálenost od okraje a tloušťka stěny musí být shodná s doporučenými hodnotami (viz. 3.4.1). Velikost hodnoty f_{\min} viz. PŘÍLOHA C. Nedodržení doporučených hodnot může negativně ovlivnit funkci zátky [13].

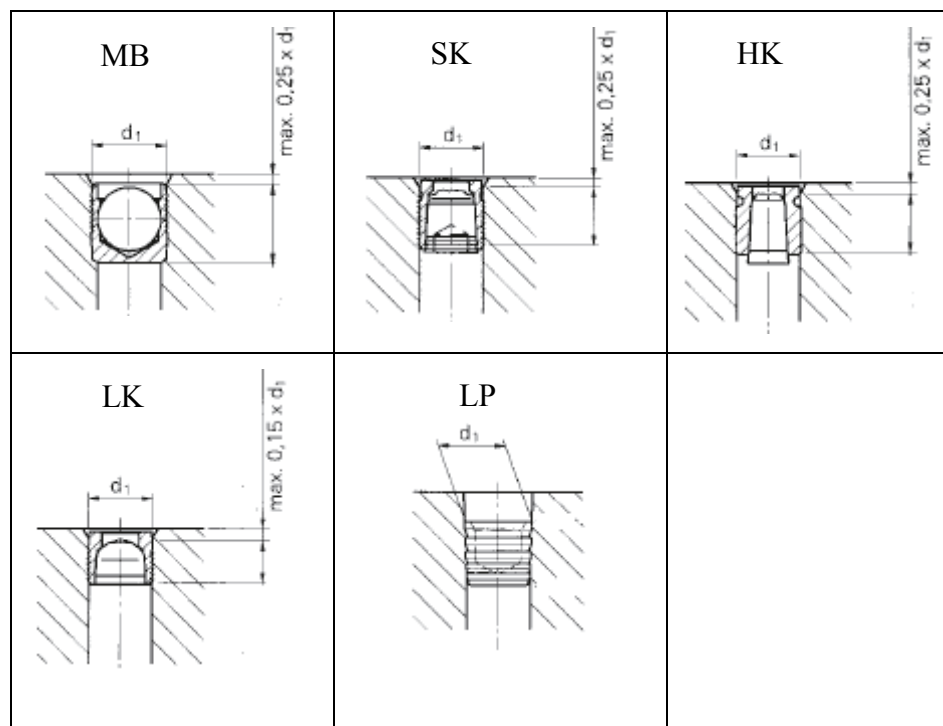
$$\begin{aligned} d_1 \geq 4[mm]: W_{\min} &= f_{\min} \cdot d_1 [mm] \\ d_1 < 4[mm]: W_{\min} &= f_{\min} \cdot d_1 + 0,5[mm] \end{aligned} \quad (3.4.1)$$



Obr. 3. 8 [13] a) Dovolená vzdálenost od okraje,
b) Dovolená vzdálenost od kruhového okraje
c) Dovolená vzdálenost mezi otvory

d) *Dovolené zkosení hran*

Technická funkce otvoru není ohrožena v případě zkosení v rozmezí $0,15 \div 0,25 \times d_1$ [mm], dle různé varianty zátky. Kromě varianty zátky LP. Příčinou je, že tato oblast nemá významný vliv na funkčnost těsnění [13]. Náhled možnosti zkosení viz. obr. 3.9

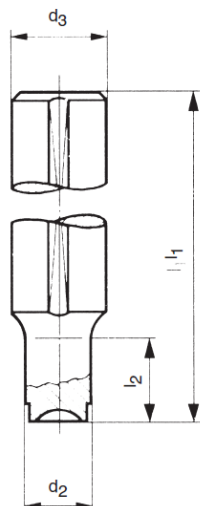


Obr. 3. 9 Ukázka možnosti zkosení otvorů při použití všech variant zátek [13]

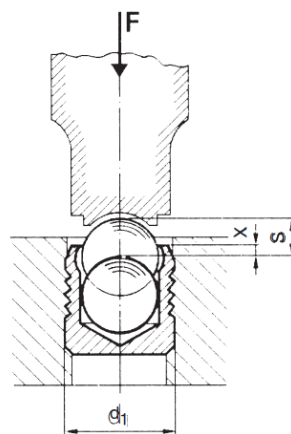
3.5 Montáž kuličkové zátky

Montáž kuličkové zátky je provedena za pomoci kladiva a speciálního přípravku nebo ručního lisu. Další možností je zakoupení speciálního stroje. Avšak toto řešení bývá ekonomicky nákladné. Maximální lisovací síla při použití ručního lisu je 11 kN.

a.)



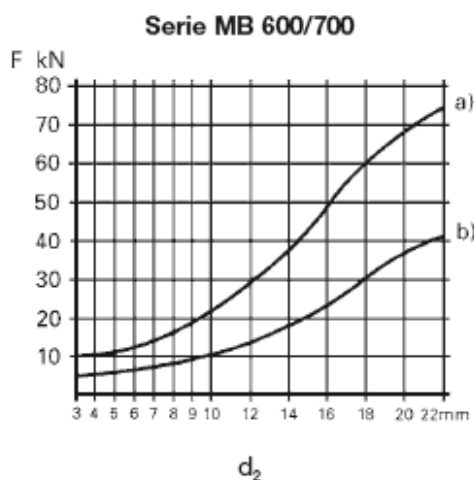
b.)



Obr. 3. 10 [13] a) Nástroj pro montáž kuličkové zátky,
b) Ukázka montáže kuličkové zátky

Tabulka 3.9 Technické parametry nástroje pro montáž [13]:

Název	d_1 [mm]	$d_3 - h_9$ [mm]	l_1 [mm]	d_2 [mm]	l_2 [mm]	$X \pm 0,2$ [mm]	S [mm]
KP 040	4.0	10	100	3.8	10	0.2	1.5



Obr. 3. 11 Závislost potřebné síly při montáži a průměru zátky [13]

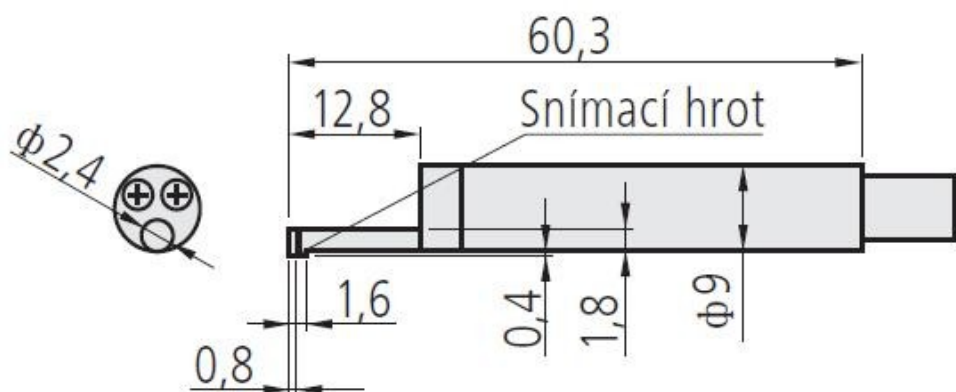
- a - minimální vtlačení při montáži
- b - maximální vtlačení při montáži

4 Návrh vlastního řešení

4.1 Návrh měřícího dotyku

Jelikož se v úvodu výroby vyskytl problém při měření drsnosti malých průměrů (např. $\varnothing 3\text{mm}$) na měřicím pracovišti na dílně, navrhuji zakoupení nových snímacích doteků pro měření malých rozměrů.

Na internetu jsem vyhledal firmu, jež se zabývá prodejem těchto měřících doteků. Firma se jmenuje MITUTOYO Česko s.r.o. a v její nabídce se nachází snímací dotek pro malé otvory min. $\varnothing 4,5\text{ mm}$. V tomto případě by však toto řešení nestačilo. Musel by se pořídit snímací dotek pro velmi malé otvory. Průměr daného dotyku je $2,8\text{mm}$. Měřicí síla daného snímače je rovna hodnotě 4 mN a poloměr tohoto snímacího hrotu je $5\text{ }\mu\text{m}$. Úhel na daném snímacím hrotu je 90° .



Obr. 4. 1 Snímací dotek pro měřicí přístroj [21]

4.2 Návrh alternativního nástroje

Existovalo několik nástrojů, které splňovaly potřebné požadavky a podmínky pro výrobu otvorů. Po odmítnutí výstružníku pro příliš nízké hodnoty drsnosti, byly zvoleny jiné možnosti, jež po určení řezných podmínek byly vyzkoušeny na obráběném materiálu (X20Cr13).

VARIANTA I – změna řezných podmínek u nástrojů vyzkoušených firmou

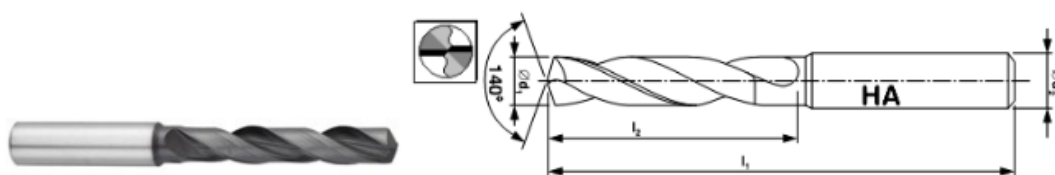
- A. Tvrdokovový vrták
- B. Vrták HSSCo - TITEX
- C. Fréza pro drážky per

A. Tvrdokovový vrták $\phi 4$ mm s válcovou stopkou (slinutý karbid K20/30)

Monolitní SK vrtáky se využívají pro vrtání do litiny, titanu, mědi, bronzu, hliníku apod. Hloubka vrtání je přípustná do vzdálenosti $5 \times D$, aniž by došlo k poškození nástroje. Vrcholový úhel ϵ je vybroušen do hodnoty 140° .

Tabulka 4.1 Zvolené řezné podmínky tvrdokovový vrtáku:

Posuv fz [mm]	Posuv f_{\min} [mm/min]	Řezná rychlost v_c [m · min ⁻¹]	Otáčky n [min ⁻¹]	Počet zubů
0,0125	160	40	3200	2



Obr. 4. 2 Tvrdokovový vrták s válcovou stopkou [16]

Tabulka 4.2 Rozměry tvrdokovového vrtáku[16]:

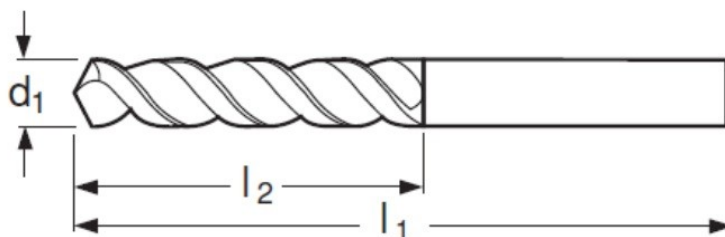
$\varnothing d_1 h_6$ [mm]	$\varnothing d_2 h_6$ [mm]	l_1 [mm]	l_2 [mm]
4	6	50	20

B. Vrták HSSCo $\phi 4,039\text{mm}$ – WALTER TITEX A1149TFL-NO21

Mezi výhody použití vrtáku TITEX patří vysoká pevnost nástroje, vysoká tuhost a řízené třísky. Možnost použít i při obrábění na sucho.

Tabulka 4.3 Zvolené řezné podmínky vrtáku HSSCo - TITEX:

Posuv f_z [mm]	Posuv f_{\min} [mm/min]	Řezná rychlost v_c [m · min ⁻¹]	Otáčky n [min ⁻¹]	Počet zubů
0,025	160	40	3200	2



Obr. 4. 3 TITEX vrták HSSCo[17]

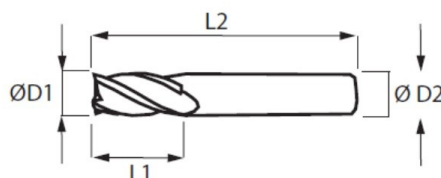
Tabulka 4.4 Rozměry vrtáku HSSCo – TITEX [17]:

$\phi d_1 h8$ [mm]	l_1 [mm]	l_2 [mm]
4,039	55	22

C. Fréza pro drážky per s válcovou stopkou

Tabulka 4.5 Zvolené řezné podmínky frézy pro drážky per:

Posuv f_z [mm]	Posuv f_{\min} [mm/min]	Řezná rychlost v_c [m · min ⁻¹]	Otáčky n [min ⁻¹]	Počet zubů
0,025	60	15	1200	2



Obr. 4. 4 Fréza pro drážky per s válcovou stopkou [19]

Tabulka 4.6 Rozměry frézy pro drážky per [18]:

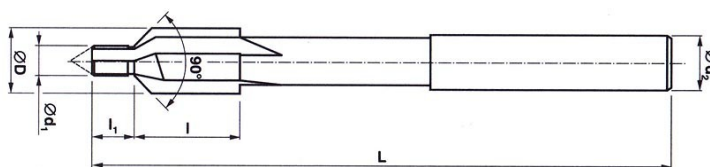
ϕD_1 [mm]	L_1 [mm]	ϕD_2 [mm]	L_2 [mm]
5	16	5	50

VARIANTA II - alternativní nástroj Záhlubník ϕ 4 mm HSS 221605

Jedná se o materiál výkonnou rychlořeznou ocel HSS bez povrchové úpravy. Tyto nástroje jsou vyráběny vybrušováním a přesným frézováním. Provedení čtyřbřité s přímými zuby s válcovou stopkou a vodícím čepem. Své uplatnění nachází při záhlubování děr pro šrouby [18].

Tabulka 4.7 Zvolené řezné podmínky záhlubníku HSS:

Posuv f_{min} [mm/min]	Posuv f_z [mm]	Řezná rychlost v_c [m · min ⁻¹]	Otáčky n [min ⁻¹]	Počet zubů
60 ÷ 120	0,025 ÷ 0,05	7,5	600	4



Obr. 4. 5 Záhlubník HSS 221605 [18]

Tabulka 4.8 Rozměry záhlubníku HSS [18]:

D [mm]	d_1 [mm]	d_2 [mm]	L [mm]	l_1 [mm]	l_2 [mm]
4	2,2	4	56	10	3

4.3 Měření drsnosti povrchu

Pro experiment byly použity čtyři nástroje (viz. tab. 4.9). Byly zjišťovány výsledky hodnot střední aritmetické úchylky profilu Ra a největší výšky profilu Rz. Při konstantním působení řezné rychlosti v_c , přičemž posuv fz byl u každého otvoru rozdílný, na každém snímaném otvoru bylo provedeno měření pětikrát a velikost aritmetického průměru byla zapsána do tabulky. Dané výsledky byly zaznamenány do grafů. Z naměřených hodnot drsnosti povrchu byl určen dle vztahu (4.2.1) střední aritmetický průměr.

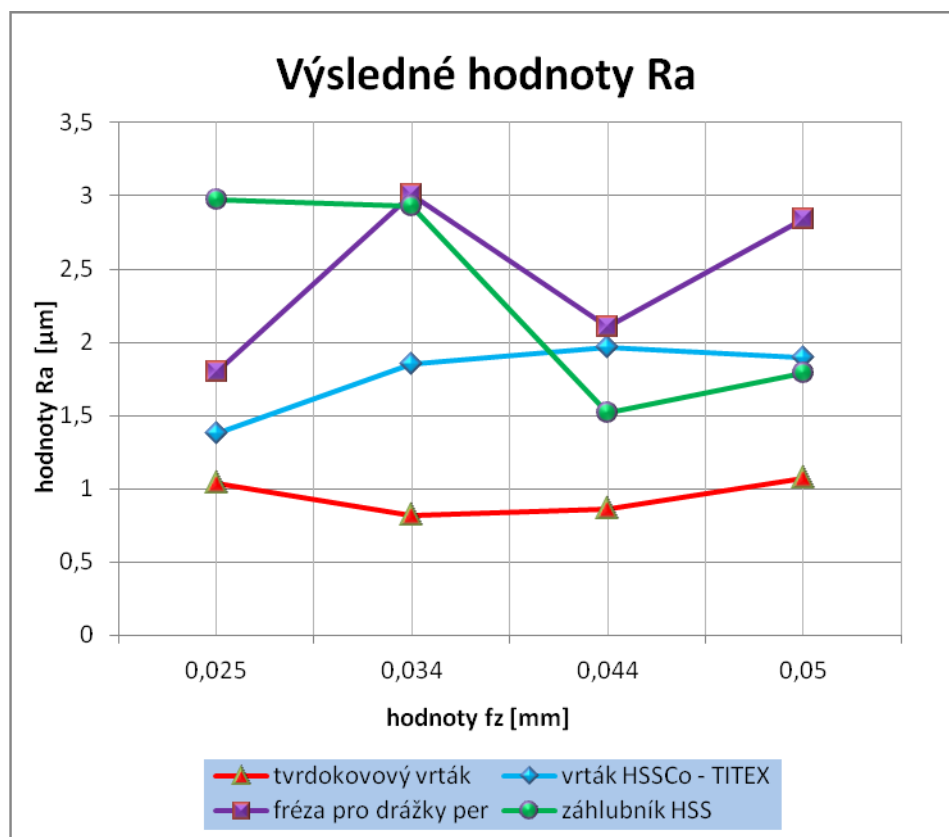
$$\bar{x} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i \quad (4.2.1)$$

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (4.2.2)$$

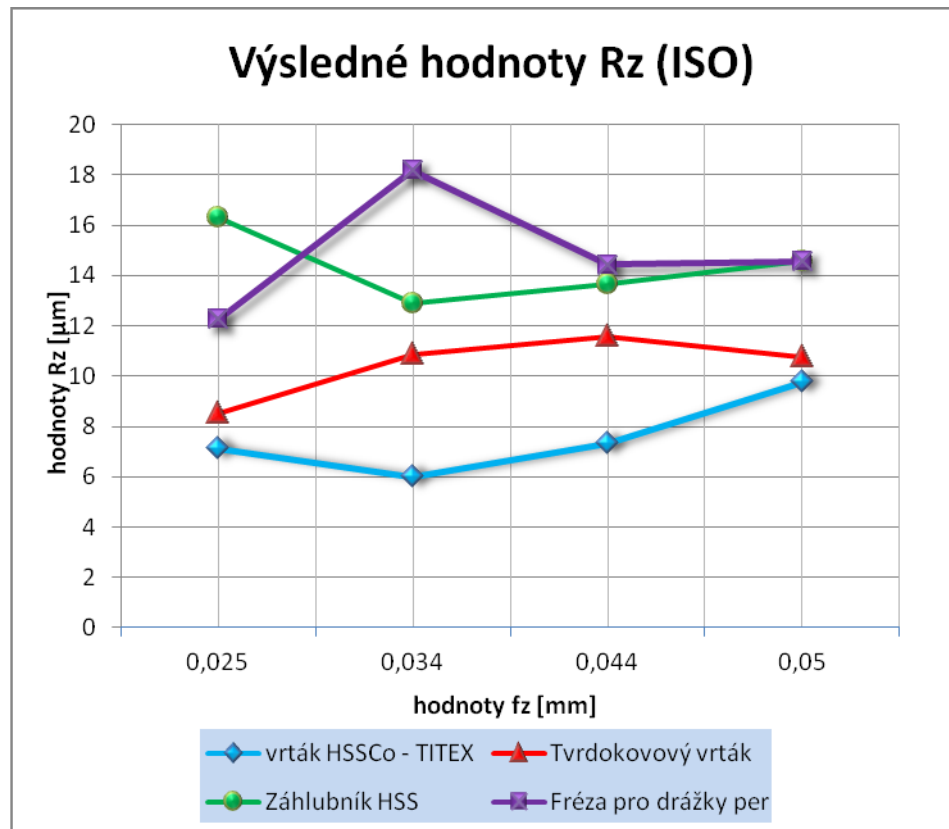
Tabulka 4.9 Závislost Ra na posuvu fz při konst. řezné rychlosti

Název nástroje	Řezná rychlost v_c [m·min ⁻¹]	Posuv fz [mm]	Hodnota Ra [μm]	Směr. odchylka s	Hodnota Rz [μm]	Směr. odchylka s
vrták HSSCo TITEX	40	0,025	1,38	0,01	8,53	0,18
		0,034	1,85	0,01	10,85	0,2
		0,044	1,97	0,19	11,57	0,64
		0,05	1,9	0,00	10,74	0,21
tvrdokovový Vrták	40	0,013	1,04	0,01	7,14	0,24
		0,017	0,82	0,01	6,08	0,29
		0,022	0,86	0,01	7,32	0,24
		0,025	1,07	0,08	9,81	0,94
fréza pro drážky per	15	0,025	1,8	0,02	12,29	0,66
		0,033	3,01	0,04	18,21	0,42
		0,042	2,11	0,02	14,45	0,27
		0,05	2,84	0,09	14,57	0,94
záhlubník HSS	7,5	0,025	2,97	0,02	16,29	1,08
		0,033	2,93	0,15	12,89	0,61
		0,042	1,52	0,02	13,68	0,38
		0,05	1,79	0,00	14,57	0,13

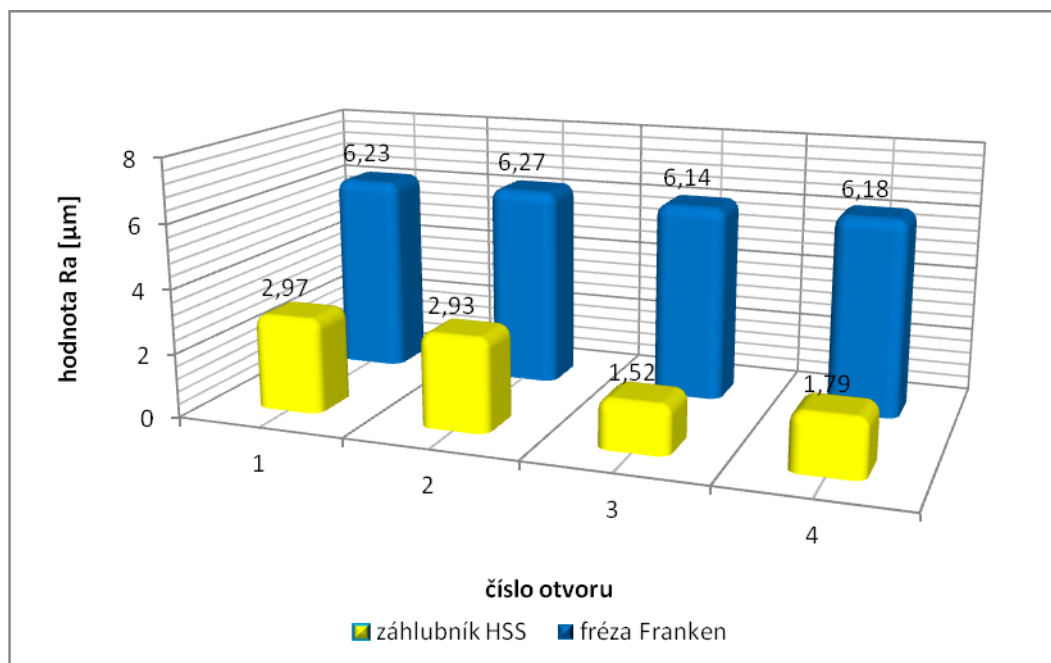
Existuje mnoho faktorů ovlivňujících drsnost povrchu jako např. řezné prostředí, obráběný materiál atd. Avšak jeden z nejdůležitějších aspektů je velikost posuvu. Postupné navyšování posuvů fz by teoreticky vedlo k zvětšení drsnosti povrchu Ra, avšak v některých případech tomu tak nebylo vlivem určitých jevů. V tabulce jsou uvedeny průměrné hodnoty z pěti měření, pro získání přesnějších hodnot Ra, Rz by bylo zapotřebí vyššího počtu měření.



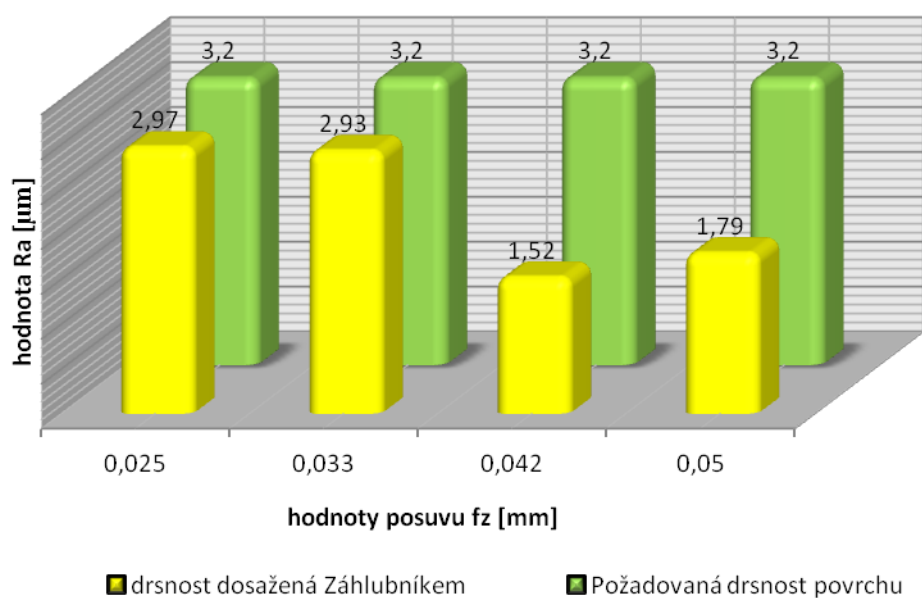
Obr. 4. 6 Graf zobrazující naměřené hodnoty Ra



Obr. 4. 7 Graf zobrazující naměřené hodnoty největší výšky profilu dle (ISO)



Obr. 4. 8 Graf porovnávající výsledky měření zábubníku HSS a frézky Franken



Obr. 4. 8 Graf porovnávající min. požadovaných hodnot a naměřených hodnot

4.4 Měřicí přístroj

Přístroj je koncipován pro použití v laboratorním prostředí. Oblast jeho použití je široká, neboť zařízení je schopno měřit všechny druhy tvarů a forem. Je zaručena vysoká přesnost při velice snadné obsluze. Je vhodný při zjišťování povrchové analýzy a pro její vyhodnocení [12].

Požadované naměřené hodnoty se zobrazují na digitální zobrazovací jednotce (displeji) Hommel - testeru T2000. Měřicí síla snímače se pohybuje kolem hodnoty 0,8 mN a poloměr tohoto snímače je 5 μm .

Vytvořené otvory byly změřeny na kontrolním pracovišti v TLO (Technická Laboratoř Opava). Základní parametry, které byly nastaveny v rozsahu měření, tedy snímaná délka, jež byla nastavena na hodnotu 4,8 mm. Dále hodnota pojezdové rychlosti měření byla seřízena na 0,2mm/s. Během měření byl použit filtr M1 DIN-4777. K měření byly také použity příslušné přídatky a držáky z důvodu zpřesnění měření.



Obr. 4. 9 Přístroj pro měření drsnosti Hommelwerke LV-50E [20]

5 Závěr

Výrobu přesného otvorů lze provést několika druhy nástrojů nebo různou technologií (viz. tab. 2.1). Avšak počáteční návrh nástroje byl komplikovaný, protože rozměr obráběného otvoru byl malý $\varnothing 4$ mm. Byl neobvyklý také požadavek na drsnost. Bylo potřeba dosáhnout vyšších hodnot drsnosti povrchu. U takto malých otvorů je většinou požadavek na drsnost v mnohem nižších hodnotách.

Výrobce zátek KOENIG Expandér doporučuje rozmezí drsnosti povrchu v rozsahu $Rz\ 10 \div 30$ [μm]. Avšak kvůli vyšší spolehlivosti utěsnění hydraulického prvku firmou Ostroj a.s. je předepsáno rozmezí drsnosti povrchu v rozsahu $Ra\ 3,2 \div 6,3$ [μm].

Během provádění měření alternativního nástroje (záhlubník HSS) se rovněž zkoumala možnost použití nástrojů vyzkoušených firmou Ostroj a.s., avšak s jinými řeznými podmínkami. Na měřeném subjektu, jehož materiál (X20Cr13) odpovídá hydraulické kostce ve výrobě, bylo pomocí čtyř nástrojů (vrták HSSCo – TITEX, tvrdokovový vrták, fréza pro drážky per a záhlubník HSS) vytvořeno šestnáct otvorů, jež sloužily k měření drsnosti. Byly zjišťovány hodnoty Ra , Rz při konst. řezné rychlosti v_c , avšak s narůstajícími hodnotami posuvu f_z .

V případě obou variant vrtáku (vrták HSSCo – TITEX, tvrdokovový vrták) nedošlo k získání potřebných hodnot drsnosti ani při navyšování posuvu. Tyto nástroje nejsou vhodné pro výrobu zmiňovaných otvorů. Fréza pro drážky per dosáhla příznivějších výsledků. Naměřené hodnoty se ale stále pohybovaly v dolní hranici. Stejně zjištění rovněž platí pro alternativní nástroj - záhlubník HSS. Následné navyšování hodnot posuvů už nepřichází v úvahu z konstrukčních důvodů nástroje. Mohlo by docházet k poškození až destrukci nástroje. Výsledné škody by byly neekonomické a došlo by ke snížení efektivnosti práce. Řešením by mohla být změna řezné rychlosti, tedy zvýšení otáček. Z výsledků je patrné, že stávající technologie dosahuje kvalitnějších výsledků, než alternativní nástroj, jenž byl předmět zkoumání.

Drsnost povrchu je velice komplikovaná záležitost a výsledné řešení není vždy jednoznačné. Výslednou drsnost ovlivňuje velký počet faktorů. V mnoha případech neexistuje jiná možnost, než provedení několika zkoušek a úprav nastavení, než se nalezne způsob výroby, který je spolehlivý, efektivní a ekonomicky přijatelný.

6 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] O společnosti Ostroj a.s. [online]. [2006] [cit. 2012-05-03]. Dostupné z: <http://www.ostroj.cz/cs/c/ostroj-opava-dulni-stroje-strojirna-svarovani-obrabeni-nakladaci- jeraby-hydraulika/o-spolecnosti-ostroj-a-s.htm>
- [2] KOČMAN, Karel; PROKOP, Jaroslav. *TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ*. 2. vyd. Brno: AKADEMICKÉ NAKLADATELSTVÍ CERM, 2005. ISBN 80-214-3068-0.
- [3] BRYCHTA, J.; ČEP, R.; SADÍLEK, M.; PETŘKOVSKÁ, L.; NOVÁKOVÁ, J. Nové směry v progresivním obrábění. E-learningové prvky pro podporu výuky odborných a technických předmětů. 2007. Ostrava : Ediční středisko VŠB-TUO, 251 s. ISBN 978-80-248-1505-3. Dostupné z: www.elearn.vsb.cz/archived/FS/NSPO/texty.pdf
- [4] Feron: katalog materiálu. *Feron.cz* [online]. © 2004–2012 [cit. 2012-05-03]. Dostupné z: http://www.ferona.cz/cze/katalog/mat_normy.php
- [5] HLUCHÝ, Miroslav; KOLOUCH Jan. *STROJÍRENSKÁ TECHNOLOGIE 1 - 1.díl: Nauka o materiálu*. 3., přepracované vydání. Praha: Scientia, 2002. ISBN 80-7183-262-6.
- [7] IMECO TH News Roundness : Výhradní zástupce Taylor Hobson Ltd. *IMECO TH s.r.o.* [online]. © 2007 [cit. 2012-05-03]. Dostupné z: http://www.imecoth.cz/Download/Clanky/TH_News_Roundness.pdf
- [8] Tajmac-zps, mcfv 1060. *TAJMAC-ZPS, a.s.* [online]. Copyright © 2012 [cit. 2012-05-03]. Dostupné z: http://www.tajmac-zps.cz/sites/tajmac-zps2.os.zps/files/mcfv1060_cz.pdf
- [9] FÜRBACHER, Ivan. *Lexikon ocelí: materiálové listy se zahraničními ekvivalenty*. Plzeň: TYPOS, tiskařské závody s.r.o, 2010. Dostupné z: <http://www.umnz.cz>
- [10] MULTI-CUT. *EMUGE: High performance tools* [online]. © 1999-2012 [cit. 2012-05-04]. Dostupné z: <http://www.emuge.com/multicut/>
- [12] Měřicí přístroje: Drsnoměry. *HMCT GROUP* [online]. [2010] [cit. 2012-05-05]. Dostupné z: http://www.links-china.com/instrument/ye_t2000.htm
- [13] KOENIG Expander Dichtstopfen. *Kvt-koenig* [online]. [cit. 2012-05-03]. Dostupné z: http://kvt.at.comu.de/katalog/katintro.jsp?kat=7&titleutf8=title_expander&aktiv=1&en=available
- [14] ČSN EN ISO 4287. *Geometrické požadavky na výrobky (GPS) - Struktura povrchu: Profilová metoda - Termíny, definice a parametry struktury povrchu*. Praha: Český normalizační institut, 1999.
- [15] SADÍLEK, Marek. *Nekonveční metody obrábění I*. 1. vydání. Ostrava: VŠB - TU Ostrava, 2009. ISBN 9788024821078.

- [16] Katalog nástrojů: Monolitní SK vrtáky. *Divize PROSTIMZET PLUS: výroba nástrojů na otvory* [online]. © 2004-2012 [cit. 2012-05-04]. Dostupné z: http://www.stimzetvsetin.cz/data/sk6537-3d_cz.html
- [17] Katalog nástrojů. *TITEX PLUS: nástroje pro přesné obrábění* [online]. [2009] [cit. 2012-05-04]. Dostupné z: <http://www.antee.cz/ckpchrudim/file.php?nid=1932&oid=304380>
- [18] Katalog nástrojů: Záhlubník s válcovou stopkou a vodícím čepem. *M & V* [online]. © 2004-2012 [cit. 2012-05-04]. Dostupné z: <http://katalog.mav.cz/detail.php?id=22617>
- [19] Katalog nástrojů: frézy stopkové tvrdokovové. *Divize PROSTIMZET PLUS: výroba nástrojů na otvory* [online]. © 2004-2012 [cit. 2012-05-04]. Dostupné z: www.stimzetvsetin.cz/download/k_frezy_stopkove_tvrdokov.pdf
- [20] Metrologie. *Technická Univerzita Berlín* [online]. 2009 [cit. 2012-05-05]. Dostupné z: <http://www.mpm.tu-berlin.de/menue/dienstleistungen/versuchsfeld/messtechnik/>
- [21] Katalog Mitutoyo: CZ-16001. *MITUTOYO: Česko* [online]. © 2003 [cit. 2012-05-07]. Dostupné z: <http://www.mitutoyo-czech.cz/pdf/katalog/cz/Katalog-CZ16001.pdf>

7 SEZNAM OBRÁZKŮ a TABULEK

OBR. 2. 1 NEJVĚTŠÍ VÝŠKA PROFILU [14].....	14
OBR. 2. 2 STŘEDNÍ ARITMETICKÁ ÚCHYLKA PROFIL [14]	14
OBR. 2. 3 PROFIL DRSNOSTI SOUSTRUŽENÉHO POVRCHU [3]	15
OBR. 2. 4 PROFIL DRSNOSTI BROUŠENÉHO POVRCHU [3]	15
OBR. 2. 5 KŘIVKA MATERIÁLOVÉHO POMĚRU [14]	16
OBR. 2. 6 DÉLKOVÉ PARAMETRY [3].....	16
OBR. 2. 7 PRINCIP MĚŘENÍ DOTYKOVÝM PROFILOMETREM [3].....	17
OBR. 2. 8 METODA SVĚTELNÉHO ŘEZU – PRINCIP A OBRAZ OKULÁRU [3].....	18
OBR. 2. 9 INTERFERENČNÍ MIKROSKOP A OBRAZ V OKULÁRU PŘÍSTROJE [3]	18
OBR. 3. 1 UKÁZKA HYDRAULICKÉ KOSTKY S OTVORY PRO KULIČKOVOU ZÁTKU.....	19
OBR. 3. 2 CNC STROJ MCFV- 1060 [8].....	21
OBR. 3. 3 FRÉZA FRANKEN S HRUBOVACÍM PROFILEM [10].....	22
OBR. 3. 4 HYDRAULICKÁ KOSTKA A) PŘED ÚPRAVOU,	25
OBR. 3. 5 MĚŘÍCÍ PŘÍSTROJ MARSURS PS1 PRO MĚŘENÍ DRSNOSTI	25
OBR. 3. 6 SCHÉMA RŮZNÝCH VARIANT ZÁTEK FIRMY KOENIG [13]	26
OBR. 3. 7 PARAMETR TOLERANCE KRUHOVITOSTI [13]	27
OBR. 3. 8 DOVOLENÁ VZDÁLENOST [13]	28
OBR. 3. 9 UKÁZKA MOŽNOSTI ZKOSENÍ OTVORŮ PŘI POUŽITÍ VŠECH VARIANT ZÁTEK [13]	28
OBR. 3. 10 NÁSTROJ PRO MONTÁŽ KULIČKOVÉ ZÁTKY [13]	29
OBR. 3. 11 ZÁVISLOST POTŘEBNÉ SÍLY PŘI MONTÁŽI A PRŮMĚRU ZÁTKY [13]	29
Obr. 4. 1 SNÍMACÍ DOTYK PRO MĚŘÍCÍ PŘÍSTROJ[21].....	30
OBR. 4. 2 TVRDOKOVOVÝ VRTÁK S VÁLCOVOU STOPKOU [16]	31
OBR. 4. 3 TITEX VRTÁK HSSCo[17]	32
OBR. 4. 4 FRÉZA PRO DRÁŽKY PER S VÁLCOVOU STOPKOU [19]	32
OBR. 4. 5 ZÁHLUBNÍK HSS 221605 [18].....	33
OBR. 4. 6 GRAF ZOBRAZUJÍCÍ NAMĚŘENÉ HODNOTY Ra.....	35
OBR. 4. 7 GRAF ZOBRAZUJÍCÍ NAMĚŘENÉ HODNOTY NEJVĚTŠÍ VÝŠKY PROFILU DLE (ISO).....	35
OBR. 4. 9 GRAF POROVNÁVAJÍCÍ MIN. POŽADOVANÝCH HODNOT A NAMĚŘENÝCH HODNOT.....	36
OBR. 4. 10 PŘÍSTROJ PRO MĚŘENÍ DRSNOSTI HOMMELWERKE LV-50E [20].....	37
TABULKA 2.1 PARAMETRY PŘESNOSTI OBROBENÝCH PLOCH PRO ZÁKL. METODY OBRÁBĚNÍ[2]	9
TABULKA 2.2 PARAMETRY PŘESNOSTI OBROBENÝCH PLOCH PRO ABRAZIVNÍ METODY[2].....	10
TABULKA 3.1 CHEMICKÉ SLOŽENÍ MATERIÁLU [9]:	20
TABULKA 3.2 TECHNOLOGICKÉ ÚDAJE MATERIÁLU [9]:	20
TABULKA 3.3 MECHANICKÉ VLASTNOSTI MATERIÁLU [9]:	20
TABULKA 3.4 TECHNICKÉ PARAMETRY STROJE MCFV – 1060 [8]:	21
TABULKA 3.5 ŘEZNÉ PODMÍNKY FRÉZY FRANKEN:.....	22
TABULKA 3.6 ROZMĚRY PŮVODNÍHO NÁSTROJE[10]:	22
TABULKA 3.7 VÝSLEDKY NAMĚŘENÝCH HODNOT	23
TABULKA 3.8 VÝSLEDKY ZÁTĚŽOVÝCH ZKOUŠEK	23
TABULKA 3.9 TECHNICKÉ PARAMETRY NÁSTROJE PRO MONTÁŽ[13]:	29
TABULKA 4.1 ZVOLENÉ ŘEZNÉ PODMÍNKY TVRDOKOVOVÝ VRTÁKU:	31
TABULKA 4.2 ROZMĚRY TVRDOKOVOVÉHO VRTÁKU[16]:.....	31
TABULKA 4.3 ZVOLENÉ ŘEZNÉ PODMÍNKY VRTÁKU HSSCo - TITEX:.....	32
TABULKA 4.4 ROZMĚRY VRTÁKU HSSCo – TITEX [17]:	32
TABULKA 4.5 ZVOLENÉ ŘEZNÉ PODMÍNKY FRÉZY PRO DRÁŽKY PER:	32
TABULKA 4.6 ROZMĚRY FRÉZY PRO DRÁŽKY PER [18]:.....	32
TABULKA 4.7 ZVOLENÉ ŘEZNÉ PODMÍNKY ZÁHLUBNÍKU HSS:	33
TABULKA 4.8 ROZMĚRY ZÁHLUBNÍKU HSS [18]:.....	33
TABULKA 4.9 ZÁVISLOST Ra NA POSUVU fz PŘI KONST. ŘEZNÉ RYCHLOSTI.....	34

8 SEZNAM PŘÍLOHY

Příloha A - Tabulka srovnání parametrů při použití NMO

Příloha B - výkres hydraulické kostky - 01

Příloha C - Tabulka hodnot f_{\min} pro výpočet W_{\min}

Příloha D – Graf porovnání naměřených hodnot firmou Ostroj a.s.

Poděkování

Závěrem bych chtěl poděkovat firmě Ostroj a.s. za možnost zpracování bakalářské práce. Poděkovat bych chtěl především vedoucímu Technické přípravy výroby panu Dipl. Ing. Tomáši Roškotovi dále jeho spolupracovníkům panu Jiřímu Kalusovi a panu Tomáši Pavlíčkovi za pomoc a odborné rady v dané problematice. A v neposlední řadě bych chtěl poděkovat svému vedoucímu práce panu Ing. Marku Sadílkovi, Ph.D. za odborné rady a cenné připomínky při tvorbě této bakalářské práce.